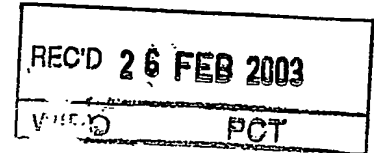


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 01 178.8

Anmeldetag: 15. Januar 2002

Anmelder/Inhaber: Infineon Technologies AG,
München/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Maskierung einer Ausnehmung einer
Struktur mit einem großen Aspektverhältnis

IPC: H 01 L, B 81 C, G 03 F

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 30. Januar 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Faust

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

Verfahren zur Maskierung einer Ausnehmung einer Struktur mit einem großen Aspektverhältnis

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Maskierung einer Ausnehmung einer Struktur, insbesondere einer Halbleiterstruktur, mit einem großen Aspektverhältnis.

- 10 Eine Maskierung von Ausnehmungen ist, insbesondere in der Halbleitertechnik, ein wesentlicher Prozess, mit dem Bereiche ausgewählt werden und unabhängig von nicht ausgewählten Bereichen weiter bearbeitet werden. Üblicherweise werden zur Auswahl von Bereichen Fotolacke eingesetzt, die auf einen
- 15 Halbleiterwafer aufgebracht werden, anschließend über eine strukturierte Belichtung in ausgewählten Bereichen chemisch verändert werden, so dass die Fotolackschicht in den ausgewählten Bereichen gegenüber den nicht ausgewählten Bereichen abgetragen werden kann. Damit wird die Oberfläche des
- 20 Halbleiterwafers in den ausgewählten Bereichen für weitere Verfahren, wie z.B. das Aufbringen einer Schicht oder eine Ionisation des ausgewählten Bereiches freigelegt.

25

Das bekannte Verfahren weist jedoch den Nachteil auf, dass für die Belichtung des Fotolackes in den ausgewählten Bereichen eine Justierung einer Belichtungsmaske erforderlich ist. Dies ist insbesondere bei kleinen Dimensionen, wie z.B. bei der Herstellung eines dynamischen Halbleiterspeichers relativ aufwendig.

30

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Maskierung einer Ausnehmung einer Struktur mit einem großen Aspektverhältnis bereitzustellen, das selbstjustierend ist.

35

Die Aufgabe der Erfindung wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Ein wesentlicher Vorteil der Erfindung besteht darin, dass eine aufgrund des großen Aspektverhältnisses auftretende Hohlraumbildung zur selektiven Auswahl der Ausnehmung mit dem großen Aspektverhältnis verwendet wird. Somit wird direkt die geometrische Form der Struktur ausgenutzt, so dass eine spezielle Justierung einer Maske nicht erforderlich ist. Damit ist das erfindungsgemäße Verfahren einfach durchzuführen.

Vorzugsweise wird als Ätzverfahren ein isotropes Ätzverfahren eingesetzt.

Eine weitere Verbesserung des Verfahrens wird dadurch erreicht, dass auf die Oberfläche der Struktur eine Opferschicht aufgebracht wird. Durch die Opferschicht wird das Aspektverhältnis der Struktur zusätzlich erhöht. Damit können auch Strukturen maskiert werden, deren natürliches Aspektverhältnis eine Auswahl nicht ermöglicht. Somit wird der Anwendungsbereich des erfindungsgemäßen Verfahrens erweitert.

Vorzugsweise wird eine Füllschicht bis zu einem festgelegten Abstand von der Oberfläche der Struktur abgetragen. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass Bereiche, die außerhalb des ausgewählten Bereiches liegen, durch einen folgenden Abätzvorgang nicht beeinträchtigt werden. Damit wird die Füllschicht in den nicht ausgewählten Bereichen nicht unter die Höhe der Strukturen abgeätzt.

Versuche haben gezeigt, dass der festgelegt Abstand vorzugsweise größer als die zweifache maximale Dicke des Füllmaterials ist, die zwischen einem Hohlraum und einer angrenzenden Struktur ausgebildet ist. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass bei dem folgenden Abätzvorgang das Füllmaterial vollständig in der ausgewählten Ausnehmung entfernt wird und zu-

dem keine Beeinträchtigung des Füllmaterials in nicht ausgewählten Bereichen erfolgt.

Die Erfindung kann bei einer Vielzahl von Strukturen eingesetzt werden. Ein bevorzugter Anwendungsbereich ist jedoch der Einsatz bei Halbleiterstrukturen, insbesondere bei Strukturen, die aus einem Siliziummaterial herausgebildet sind.

Vorzugsweise wird als Füllmaterial eine Siliziumoxidschicht aufgebracht, die mit einem TEOS-Prozess abgeschieden wird. Die Verwendung des TEOS-Prozesses ermöglicht eine sichere Bildung von Hohlräumen zwischen Strukturen, die ein festgelegtes Aspektverhältnis überschreiten.

Vorzugsweise wird als Opferschicht Siliziumoxid abgeschieden. Die Verwendung von Siliziumoxid bietet den Vorteil, dass Siliziumoxid einfach abzuschneiden ist und nach dem Abscheiden zuverlässig selektiv entfernt werden kann.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine schematischen Darstellung von Strukturen mit einem großen und einem kleinen Aspektverhältnis,

Figur 2 eine aufgefüllte Struktur mit Hohlräumen,

Figur 3 eine Anordnung zum Abscheiden einer Füllschicht,

Figur 4 eine Struktur mit Hohlraum und einer teilweise abgetragenen Füllschicht,

Figur 5 eine Maske für ausgewählte Bereiche und

Figur 6 eine Struktur mit einer Opferschicht.

Die Erfindung wird im folgenden anhand des Beispiels einer Struktur in Form eines Siliziummaterials erläutert. Das erfindungsgemäße Verfahren ist jedoch bei jeder Art von Struktur anwendbar, die die Abscheidung der verwendeten Materialien und die Anwendung der verwendeten Prozesse erlaubt. Insbesondere kann das erfindungsgemäße Verfahren bei Halbleitermaterialien, wie z.B. bei Galliumarsenid, eingesetzt werden.

Figur 1 zeigt schematisch einen Teilausschnitt einer Struktur, die beispielweise aus einem Siliziumwafer 3 herausgearbeitet wurde. Die Struktur weist einen ersten Bereich mit Stegen 4 und ersten Ausnehmungen 1 auf, die ein großes Aspektverhältnis aufweisen. Weiterhin weist die Struktur einen zweiten Bereich mit Stegen 4 und einer zweiten Ausnehmung 2 auf, die ein kleines Aspektverhältnis aufweisen. Das Aspektverhältnis wird durch die Weite W bezogen auf die Tiefe T der Ausnehmung festgelegt. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel weist die Struktur vier gleich hohe Stege 4 auf, wobei jedoch der Abstand zwischen einem ersten und einem zweiten Steg 4a, 4b und zwischen dem zweiten und einem dritten Steg 4b, 4c gleich groß und kleiner ausgebildet ist als zwischen dem dritten Steg 4c und einem vierten Steg 4d.

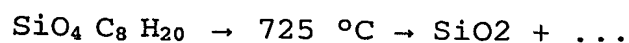
Anstelle der dargestellten Form der Struktur können auch unterschiedlich hohe Stege und/oder unterschiedlich breite Stege verwendet werden. Wesentlich ist dabei, dass erste Ausnehmungen 1 mit einem großen Aspektverhältnis und zweite Ausnehmungen 2 mit einem kleinen Aspektverhältnis ausgebildet sind. Die Stege 4 sind aus einem Siliziumwafer 3 beispielsweise über ein Ätzverfahren herausgebildet. Weiterhin ist es auch möglich, dass sowohl die Stege 4 als auch eine Platte, aus der die Stege 4 herausragen, aus verschiedenen Materialien gebildet sind. Beispielsweise können die Stege 4 auch aus einem anderen Material auf einem Siliziumwafer ausgebildet sein. Beispielsweise können die Stege 4 aus Siliziumoxid oder Siliziumnitrid, aber auch aus einer metallischen Legierung hergestellt sein.

Figur 2 zeigt den Siliziumwafer 3 nach dem Abscheiden einer Füllschicht 5, die in dem dargestellten Ausführungsbeispiel durch ein Siliziumoxid dargestellt wird, das in einem TEOS-Prozess abgeschieden wurde.

Anstelle des Siliziumoxids kann jede andere Art von Material abgeschieden werden, das eine Hohlraumbildung bei Überschreiten eines bestimmten Aspektverhältnisses bewirkt und in einem folgenden Prozess wieder entfernt werden kann. Das Abscheideverfahren wird in der Weise festgelegt, dass sich in den ersten Ausnehmungen 1, die ein großes Aspektverhältnis aufweisen, Hohlräume 6 ausbilden. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist in jeder ersten Ausnehmung 1 ein Hohlraum 6 ausgebildet. Das Abscheideverfahren kann jedoch auch in der Weise angewendet werden, dass sich mehrere Hohlräume 6 in einer ersten Ausnehmung 1 ausbilden. Wichtig ist dabei, dass sich in der zweiten Ausnehmung 2, die ein kleineres Aspektverhältnis aufweist, kein Hohlraum ausbildet. Die Bildung von Hohlräumen 6 hängt von dem Aspektverhältnis der aufgefüllten Struktur ab. Das verwendete Füllmaterial und das verwendete Abscheideverfahren sind in der Weise auf die vorliegenden Aspektverhältnisse der Struktur anzupassen, dass in gewünschten Ausnehmungen 1 Hohlräume 6 erzeugt werden.

Das verwendete TEOS-Verfahren bietet den Vorteil, dass die Kantenstruktur der vorliegenden Struktur, auf die das TEOS-Material abgeschieden wird, ebenfalls die Kantenstruktur bis zu einem gewissen Grad nachbildet. Auf diese Weise werden bei Strukturen mit einem großen Aspektverhältnis, das über einem festgelegten Wert liegt, Hohlräume 6 ausgebildet. Der festgelegte Wert hängt von dem verwendeten Abscheideverfahren ab.

Figur 3 zeigt eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Abscheidung einer Schicht in einem TEOS-Verfahren. Bei der Abscheidung dient eine organische Flüssigkeit als Siliziumquelle. Das aus dem Dampf der Flüssigkeit entstehende Oxid weist neben der konformen Stufenbedeckung eine hohe elektrische Stabilität auf. Bei der Abscheidung wird Siliziumoxid nach folgender Formel abgeschieden:



Weitere Flüssigquellen für eine Siliziumoxidabscheidung sind Diethylsilan, Ditertiärbuthylsilan und Tetramethylcyclotetrasiloxan. Diese Flüssigquellen ermöglichen eine Reduktion der Depositionstemperatur auf 380 bis 650 °C. In Figur 3 ist schematisch ein Quarzrohr dargestellt, in dem eine Vielzahl von Siliziumwafer 3 angeordnet sind. Das Quarzrohr ist über eine Leitung mit einem Gasraum verbunden, der über eine Flüssiggasquelle 7 ausgebildet ist. Die Flüssiggasquelle 7 wird von einer Heizquelle 8 auf einer festgelegten Temperatur gehalten. Weiterhin wird sowohl das Flüssiggas als auch das Quarzrohr mit Stickoxid versorgt. Zudem ist das Quarzrohr über ein Vakuumventil 9 an ein Vakuumpumpensystem 10 angeschlossen. Das Vakuumpumpensystem sorgt für einen festgelegten Druck im Quarzrohr. Das Quarzrohr ist von einem Dreizonenofen 11 umgeben, der zudem für eine festgelegte Temperatur im Quarzrohr sorgt. Die Abscheidung von TEOS-Silizium ist ein bekanntes Verfahren, so dass hier auf Einzelheiten nicht eingegangen wird. Das TEOS-Verfahren ist beispielsweise in „Siliziumhalbleitertechnologie“ Hilleringmann, Teubner, 1999, ISBN 3-519-10149-1 im Kapitel 7.1.2.2 „Low Pressure CVD-Verfahren“ beschrieben. Ein wesentliches Merkmal des verwendeten Abscheideverfahrens besteht darin, dass sich die Hohlräume 6 bis zu einem Bereich erstrecken, der über der Oberkante der Stege 4 liegt.

In einem weiteren Verfahrensschritt ist die Füllschicht 5 planar bis in den Bereich der Hohlräume 6 abzutragen. Vorzugsweise wird die Füllschicht 5 so weit abgetragen, bis die Hohlräume 6 geöffnet sind. Je nach Anwendungsform kann es jedoch vorteilhaft sein, eine gewisse Restdicke über den Hohlräumen 6 bestehen zu lassen.

Die Füllschicht 5 wird bei dem planaren Abtrageprozess beispielsweise durch ein chemisches, mechanisches Polierverfahren abgetragen. Vorzugsweise wird die Füllschicht 5 bis zu einem Abstand α in Bezug auf die Oberkante der Stege 4 abgetragen. Vorzugsweise wird der Abstand α in der Weise gewählt,

dass α größer oder gleich dem doppelten, maximalen Abstand β zwischen einer Hohlraumgrenze und der umgebenden Struktur ausgebildet ist. In Figur 3 ist der Abstand β zwischen einer Oberfläche eines Hohlraums 6 und einem Eckbereich zwischen einem Steg 4 und der Platte des Siliziumwafers 3 eingezeichnet. Durch die Wahl des festgelegten Abstandes ist sichergestellt, dass bei einem folgenden Ätzprozess aus den ersten Ausnehmungen 1 das Füllmaterial 5 vollständig entfernt wird, ohne dass die Stege 4, die die zweite Ausnehmung 2 begrenzen, seitlich unterätzt werden.

Anschließend wird in einem folgenden Verfahrensschritt die Füllschicht 5 durch ein Ätzverfahren, vorzugsweise ein anisotropes Ätzverfahren abgeätzt. Dabei greift die verwendete Ätzlösung, wie z.B. Alkalilaugen oder Trockenätzverfahren wie Plasmaätzen, im Bereich der Hohlräume 6 an und ätzt aus den ersten Ausnehmungen 1 die Füllschicht 5 heraus. Gleichzeitig greift die Ätzlösung auch an der Oberseite der Füllschicht 5 im Bereich der zweiten Ausnehmung 2 an. Aufgrund des gewählten Abstandes wird jedoch nur die Oberfläche der Füllschicht 5 abgeätzt. Der Abstand α wurde in der Weise gewählt, dass eine Unterätzung der Stege im Bereich der zweiten Ausnehmungen 2 nicht erfolgt. Der Ätzvorgang wird gestoppt, wenn die Füllschicht 5 aus der ersten Ausnehmung 1 entfernt ist.

Nach dem Entfernen der Füllschicht 5 aus den ersten Ausnehmungen 1 wird eine Anordnung erhalten, die in Figur 5 dargestellt ist.

Aufgrund des erfindungsgemäßen Verfahrens wurden die Flächen, die in den ersten Ausnehmungen 1 angeordnet sind, freigelegt. Flächen anderer Ausnehmungen, wie z.B. der zweiten Ausnehmung 2, sind weiterhin durch die Füllschicht 5 bedeckt. Damit bildet die Füllschicht 5 eine Abdeckmaske für nicht ausgewählte Bereiche des Halbleiterwafers 3.

Die freigelegten Bereiche, in diesem Fall die ersten Ausnehmungen 1, können im folgenden Verfahren, beispielsweise für eine Implantation, für eine weitere Abätzung, ein selektives Wachstum eines Materials, wie z.B. Silizium, Siliziumoxid oder Siliziumnitrid verwendet werden.

Aufgrund des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es nicht erforderlich, einen Justiervorgang für eine Ätzmaske zu verwenden. Die Justierung der Maske erfolgt aufgrund der Ausnutzung der Geometrie der Struktur und einer Hohlraumbildung bei dem verwendeten Abscheideverfahren, ohne dass eine Justierung erforderlich ist.

Figur 6 zeigt eine Weiterentwicklung des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem auf den Stegen 4 eine Opferschicht 12 in einer festgelegten Dicke γ aufgebracht wird. Die Opferschicht 12 kann beispielsweise in Form von Siliziumoxid oder Siliziumnitrid ausgebildet sein. Erst nach dem Aufbringen der Opferschicht 12 wird die Struktur mit der Füllschicht 5 aufgefüllt. Die Opferschicht 12 bietet den Vorteil, dass die Höhe der Stege 4 vergrößert wird und damit das Aspektverhältnis größer wird. Somit kann das Aspektverhältnis in der Weise eingestellt werden, dass die Hohlraumbildung für Hohlräume 6 in der gewünschten Art und Weise in den ersten Ausnehmungen 1 erfolgt. Die weiteren Verfahren wie das Abtragen der Füllschicht 5 und das Entfernen der Füllschicht 5 wird entsprechend dem vorher beschriebenen Verfahren eingesetzt.

Figur 6 zeigt die Struktur mit Opferschicht 12, bei der bereits die Füllschicht 5 wieder bis zu den Hohlräumen 6 abgetragen wurde. Durch die Ausbildung der Opferschicht 12 kann vorzugsweise eine Abtragung der Füllschicht 5 bis auf die Oberseite der Opferschicht 12 vorgenommen werden. Damit ist eine einfache Führung des Abtrageprozesses möglich, da die Tiefe der Abtragung der Füllschicht 5 durch die Höhe der Opferschicht 12 festgelegt ist. Auch in dieser Anwendungsform ist ein Abstand zwischen der Oberkante der Opferschicht 12

und einer Oberkante der abgetragenen Opferschicht 12, wie in Figur 6 dargestellt ist, vorteilhaft. Der Abstand α ist in der Weise zu wählen: $\alpha \geq 2\beta - \gamma$, wobei mit β der maximale Abstand zwischen einer Hohlraumgrenze eines Hohlraumes 6 und der Struktur des Siliziumwafers 3 bzw. eines Steges 4 und mit γ die Höhe der Opferschicht 12 bezeichnet sind. Am Ende des Prozesses wird die Opferschicht 12 wieder über beispielsweise ein selektives Ätzverfahren entfernt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Maskierung von ersten Ausnehmungen (1) einer Struktur (4) mit einem großen Aspektverhältnis aus einer Menge von Ausnehmungen (1,2) mit unterschiedlichen Aspektverhältnissen, insbesondere einer Halbleiterstruktur, mit folgenden Schritten:

- auf die Struktur (1, 2, 4) wird eine Füllschicht (5) aufgebracht,

wobei die Füllschicht (5) in der Weise aufgebracht wird, daß sich in ersten Ausnehmungen (1) mit einem großen Aspektverhältnis ein Hohlraum (6) ausbildet,

- die Füllschicht (5) wird bis in den Bereich des Hohlraums (6) abgetragen,

- in einem Ätzvorgang wird die Füllschicht (5) abgetragen, wobei der Ätzvorgang auch in dem Hohlraum (6) angreift und aufgrund des Hohlraums (6) die Füllschicht (5) schneller aus der ersten Ausnehmung (1) als aus Ausnehmungen (2) ohne Hohlraum (6) entfernt wird, wobei nach dem Entfernen der Füllschicht (5) aus der ersten Ausnehmung (1) der Ätzvorgang gestoppt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Ätzverfahren ein isotropes Ätzverfahren verwendet wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Struktur (1, 2, 4) Stege (4) aufweist, dass auf die Oberfläche der Stege (4) eine Opferschicht (12) vor dem Aufbringen der Füllschicht (5) aufgebracht wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Struktur (1, 2, 4) Stege (4) aufweist, dass die Füllschicht (5) bis zu einem festgelegten Abstand über der Oberfläche der Stege (4) abgetragen wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der festgelegte Abstand größer als die zweifache maximale Dicke

(8) des Füllmaterials (5) zwischen einem Hohlraum (6) und der Struktur (4, 3) gewählt ist.

5 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Struktur (1, 2, 4) aus einem Siliziumwafer (3) herausgebildet wird.

10 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Füllschicht (5) Siliziumoxid mit einem TEOS-Prozess abgeschieden wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Opferschicht (12) Siliziumoxid abgeschieden wird.

Zusammenfassung

Verfahren zur Maskierung einer Ausnehmung einer Struktur mit einem großen Aspektverhältnis

5

Es wird ein Verfahren zur selektiven Maskierung beschrieben. Dabei wird ein Füllmaterial auf eine Struktur aufgebracht, das in Abhängigkeit von dem Aspektverhältnis der Struktur Hohlräume bei einem großen Asbestverhältnis ausbildet. Anschließend wird die Füllschicht bis auf die Hohlräume abgetragen und über einen Ätzzvorgang Füllmaterial aus den Ausnehmungen, in denen die Hohlräume ausgebildet sind, vollständig entfernt. Auf diese Weise werden Bereiche selektiv freigelegt.

10
15

Figur 4

Figur für die Zusammenfassung

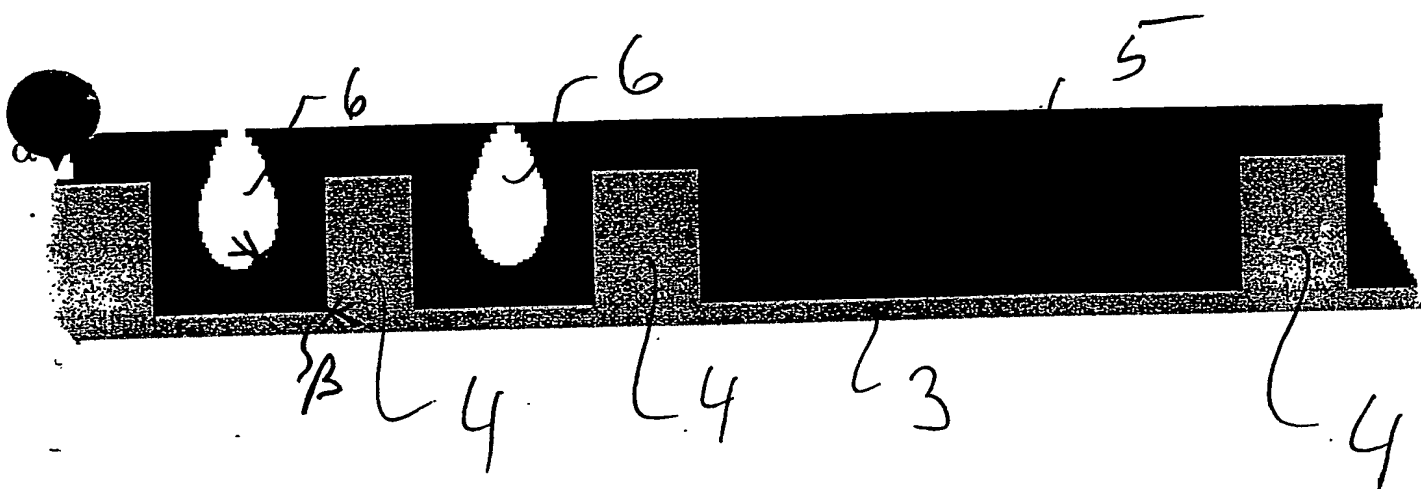


Fig. 4

Bezugszeichenliste

- | | |
|----|------------------|
| 1 | 1. Ausnehmung |
| 2 | 2. Ausnehmung |
| 3 | Siliziumwafer |
| 4 | Steg |
| 5 | Füllschicht |
| 6 | Hohlräume |
| 7 | Flüssiggasquelle |
| 8 | Heizquelle |
| 9 | Ventil |
| 10 | Vakuumpumpsystem |
| 11 | Dreizonenofen |
| 12 | Opferschicht |

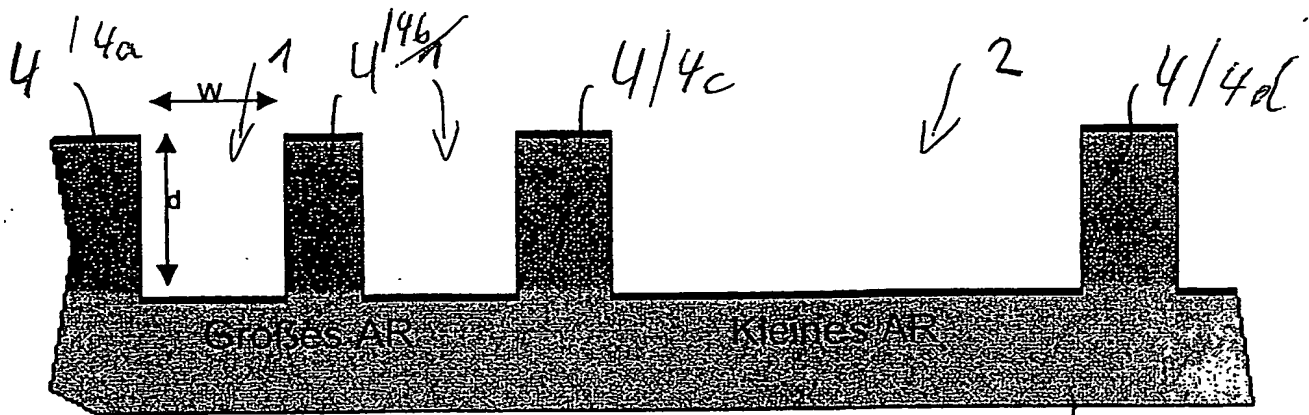


Fig. 1

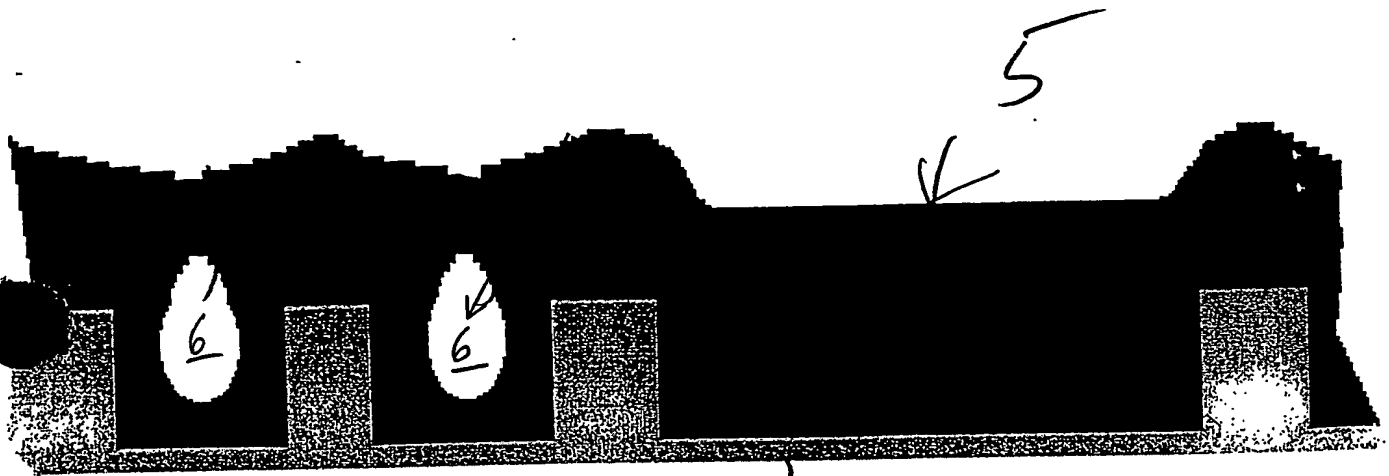


Fig. 2

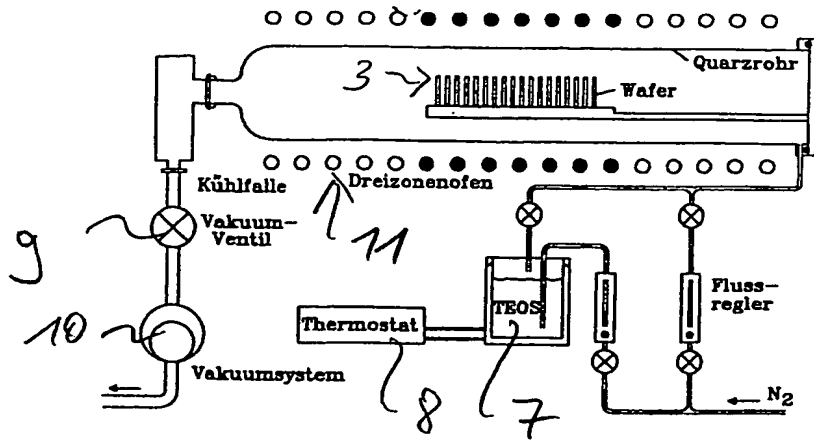


Fig. 3

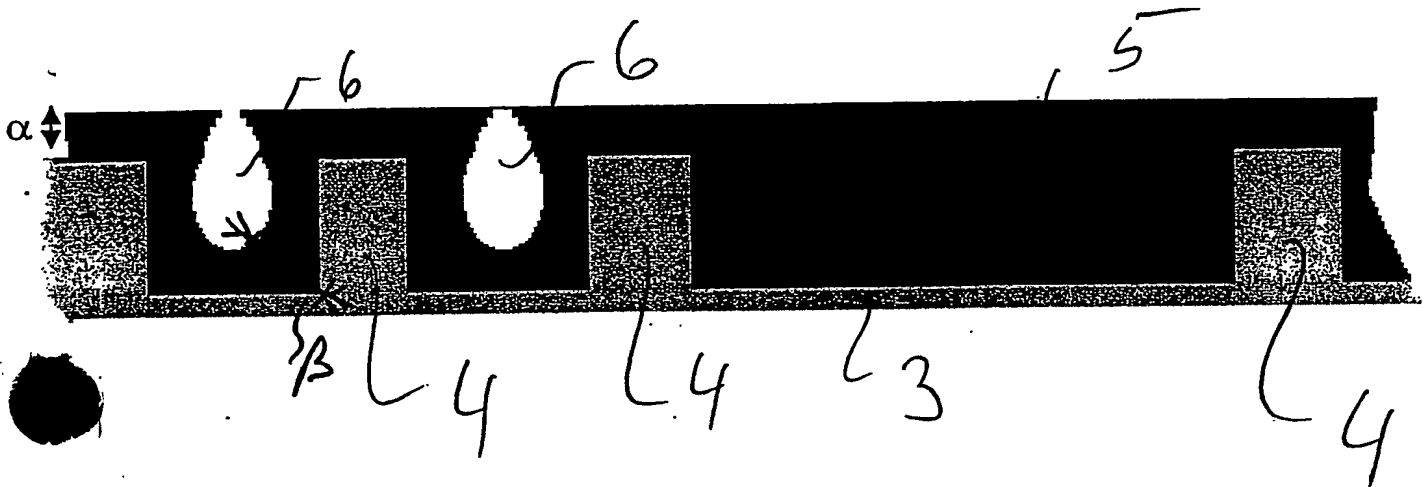
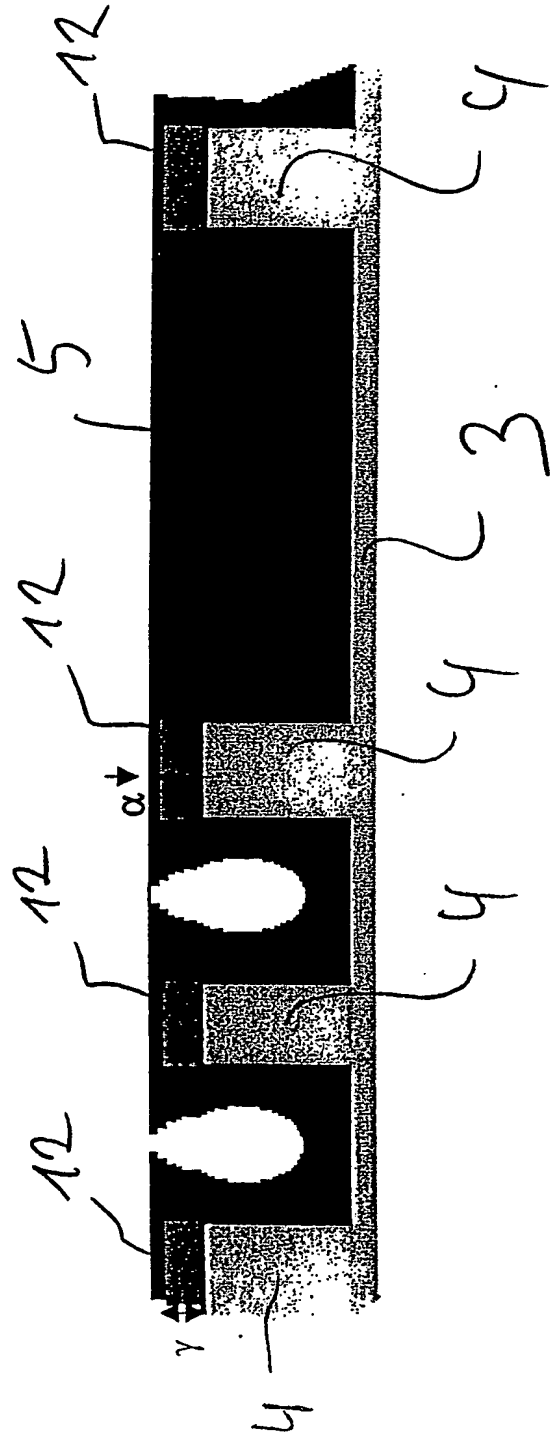
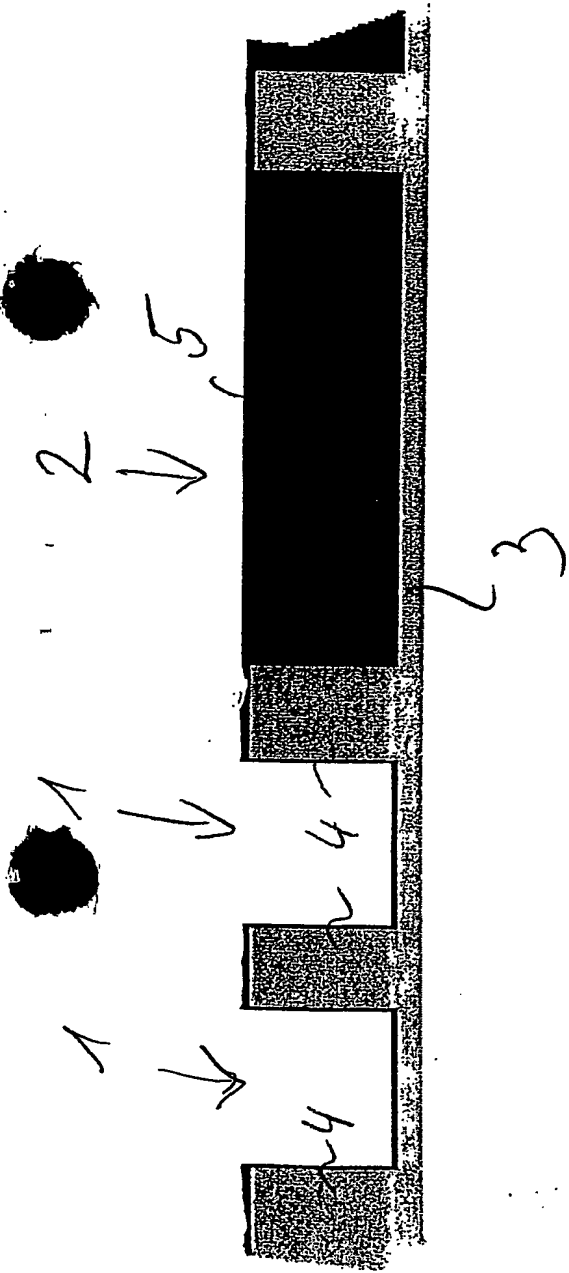


Fig. 4



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.